



能源 · 经济 · 管理丛书

中国农村建筑节能 技术应用与效益评价

内蒙古巴林左旗农村住宅 节能改造研究报告

Efficiency and Effectiveness of
Energy-efficient Building
Technology in Chinese Rural Area

张超英 索晨霞 Wei Deng Solvang / 著



经济科学出版社
Economic Science Press

中国农村建筑节能技术 应用与效益评价

**Efficiency and Effectiveness of Energy-efficient
Building Technology in Chinese Rural Area**

——内蒙古巴林左旗农村住宅节能改造研究报告

张超英 索晨霞 Wei Deng Solvang 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国农村建筑节能技术应用与效益评价: 内蒙古巴林左旗农村住宅节能改造研究报告/张超英, 索晨霞等著. —北京: 经济科学出版社, 2010
ISBN 978-7-5141-0176-8

I. ①中… II. ①张…②索… III. ①农村住宅-节能-研究-中国 IV. ①TU241.4②TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 244424 号

责任编辑: 纪晓津

责任校对: 徐领弟 郑淑艳

技术编辑: 王世伟

中国农村建筑节能技术应用与效益评价

——内蒙古巴林左旗农村住宅节能改造研究报告

张超英 索晨霞 Wei Deng Solvang 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 88191217 发行部电话: 88191540

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

北京三木印刷有限公司印装

787×1092 16 开 11 印张 180000 字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5141-0176-8 定价: 19.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

内 容 简 介

能源是发展国民经济、改善人民生活的重要物质基础。随着我国经济发展和人民生活水平的不断提高,全国建筑能耗也呈逐步上升趋势,进一步加大了我国能源压力,在一定程度上制约了国民经济的持续发展,因此降低建筑能耗已刻不容缓。

我国在“十一五”规划纲要中,将2010年单位GDP能耗比2005年降低20%的目标作为必须完成的约束性指标,这表明了我国政府对降低能耗,提高能源效率的重视程度。“十一五”期间,国家在2005年10月28日通过并发布了《民用建筑节能管理规定》基础上,于2007年10月1日又下发并实施了《建筑节能工程施工质量验收规定》GB50411-2007,2008年7月通过并开始试行《北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造技术导则》。这一系列规定及标准的颁布和实施,对加速我国建筑节能发展以及技术进步起到了积极的促进作用。

本书以《中国农村能源效率绿色解决方案》项目为核心,重点研究了四方面问题:

1. 我国农村住宅及能源消耗现状。结合本项目的实施,在进行充分的资料查阅和实地调研基础上,本书详细介绍了我国农村住宅发展、演变的历史,阐述了目前我国农村住宅能源消耗类型和水平,同时,具体分析了影响能源效率的主要因素。

2. 农村既有住宅节能改造技术。我国农村既有住宅能耗高、能效低的主要原因是房屋节能保温条件比较差,建造水平低。本

中国农村建筑节能技术应用与效益评价

书结合巴林左旗项目的实施,较为详细地介绍了既有住宅节能改造技术和操作规程。同时,较为全面地介绍了挪威住宅节能理念及施工技术要求,希望能够在我们今后的工程施工中得以学习和借鉴。

3. 农村住宅节能改造项目评价。本书从三个角度对农村住宅节能改造示范项目进行了评价:一是技术经济评价,包括经济效益、社会效益和环保效益等;二是示范项目技术评价,即项目本身施工质量和施工水平的评价,提出了技术评价宏观指标体系;三是示范效应评价,即对项目的影响度进行评估,并研究和推导出了示范效应评价指标体系和模糊综合评价模型。

4. 农村住宅节能改造可持续发展模式。我国各地农村经济发展很不平衡,总体看农民收入水平还不高,建造节能型住宅必定会增加农民的经济负担。因此,提高农村住宅建筑水平还需要多方努力。随着我国城市化进程的推进,以及小城镇建设和新农村建设步伐的加快,多渠道、多种方式地解决农村节能型住宅问题是未来发展的必然趋势。根据目前我国农村的具体情况,结合本课题研究,提出了“政府支持+示范带动+农户自愿”的农村节能型住宅可持续发展模式。

本书整体结构设计和统筹由张超英完成,并撰写了第一、第二、第四、第八章;Wei Deng Solvang撰写了第三、第七章;索晨霞撰写了第五、第六章。

作者

2010年10月26日



第一章 绪论	1
第一节 建筑节能概述	1
一、建筑节能基本概念	1
二、建筑节能基本措施	1
三、建筑节能研究范围	2
第二节 国外建筑节能研究概况	2
一、国外建筑节能研究历程	2
二、美国建筑节能现状	4
三、英国建筑节能现状	6
四、德国建筑节能现状	8
五、法国建筑节能现状	10
六、日本建筑节能现状	11
七、国外建筑节能研究特点	14
第三节 我国建筑节能研究状况	15
一、我国建筑节能研究历程	15
二、我国建筑节能现状	16
三、我国农村建筑节能现状	17
第四节 中挪合作项目——中国农村能源效率 绿色解决方案	20
一、项目背景	20
二、项目内容	21
三、项目宗旨	21

第二章 我国农村居民住宅及能源消耗现状	22
第一节 我国农村居民住宅现状	22
一、我国农村居民住宅面积与构成总体情况	22
二、冬季保温地区农村居民住房现状	24
第二节 冬季保温地区农村住宅发展历程	27
一、总体情况	27
二、发展缓慢的 30 年（1949 ~ 1978 年）	29
三、发展迅速的 30 年（1979 年至今）	30
第三节 农村住宅建设中存在的主要问题	34
一、建设规划滞后	34
二、建房占地超标	35
三、建筑质量缺乏监管	35
四、基础设施不到位	36
五、房屋建造不合理	36
六、忽视房屋节能保温性能	37
第四节 我国农村住宅能源消耗现状	37
一、农村住宅能源消耗状况	37
二、农村住宅能源消耗存在的问题	38
三、农村住宅节能措施	39
第五节 农村住宅节能改造措施与效果调查	40
一、总体情况	40
二、改造项目与室内温度改善情况	41
三、平均室内温度与耗煤情况	42
四、节能改造效果与室内采暖措施	44
第三章 挪威建筑节能技术及理念	45
第一节 挪威建筑特点	45
一、挪威建筑发展历程	45
二、挪威自然气候状况及对民居建筑的要求	46

第二节	挪威能源类型	48
一、挪威能源类型与结构	48	
二、挪威未来能源发展趋势	50	
第三节	挪威建筑节能理念	52
一、能源循环概念	52	
二、影响建筑能耗的主要因素	53	
三、建筑内空气流动情况	54	
四、提高建筑物能效的措施	54	
五、建筑节能理念	55	
第四节	挪威建筑节能技术	57
一、墙体保温技术	57	
二、窗户保温技术	60	
三、门保温技术	60	
四、天花板保温技术	63	
五、地板保温技术	64	
第四章	巴林左旗农村居民住宅及能耗状况	66
第一节	巴林左旗简介	66
一、巴林左旗行政区域	66	
二、巴林左旗气候特点	67	
三、查干哈达苏木	68	
四、王安池嘎查	68	
第二节	巴林左旗民居历史演变与现状	75
一、蒙古族民居历史演变	75	
二、居民住宅现状	76	
第三节	住宅能耗情况调查分析	77
一、总体情况	77	
二、燃煤消耗量与冬季室内温度情况	79	
三、达标假设分析	80	
四、前昭村、王安池村及红光村住宅现状比较分析	81	

第五章 巴林左旗农户既有住宅节能改造	86
第一节 节能改造方案	86
一、民房现状及改造项目	86
二、改造理念	87
三、改造预期目标	88
四、节能保温改造施工控制点	89
第二节 节能改造效果分析	96
一、能效改善情况分析	96
二、技术经济分析	97
三、规模效益分析	99
四、后续研究建议	101
第六章 巴林左旗查干哈达政府办公楼节能改造	103
第一节 巴林左旗查干哈达政府办公楼现状	103
一、办公楼能耗情况	103
二、末端建筑情况	104
三、管网情况	104
四、办公楼改造前组图	105
五、查干哈达气候条件对办公楼节能改造的要求	106
第二节 节能改造方案	108
一、改造理念及相关技术措施	108
二、改造预期目标	109
三、施工关键控制点	109
第三节 效益分析	116
一、项目总投资	116
二、冬季温度改善	117
三、经济效益分析	117
四、投资回收期	118
五、环境效益分析	118

第七章 中挪合作项目评价	119
第一节 项目影响度调查分析	119
一、相关概念	119
二、中挪合作示范项目后调查情况	120
第二节 示范项目技术评价	125
一、示范项目技术评价的目的	125
二、示范项目技术评价的原则	126
三、示范项目评价宏观指标体系	127
四、外墙保温性能技术评价	128
第三节 项目示范效应评价指标体系构建	129
一、示范效应评价意义和目的	129
二、示范效应评价指标体系构建的原则	130
三、示范效应评价指标体系构建	130
四、指标体系权重的确定	132
第四节 示范效应模糊综合评价	137
一、模糊综合评价模型	137
二、农村住宅节能改造示范效应评价	139
 第八章 农村住宅节能改造可持续发展模式	143
第一节 中挪合作项目给予我们的启示	143
一、技术进步	143
二、理念先进	144
三、工作严谨	144
四、注重能力培养	145
第二节 影响农村住宅节能改造的主要因素	146
一、经济状况	146
二、基础设施建设	149
三、村镇住宅规划	150
四、施工水平和法律规范	150

	五、节能保温材料质量	150
第三节	国外农村住宅发展现状	151
	一、国外城市化进程	151
	二、国外农村住宅现状	152
第四节	我国农村住宅节能改造可持续发展模式	155
	一、我国农村住宅节能改造模式	155
	二、可持续发展基本原则	156
	三、可持续发展模式	157
	四、可持续发展实现路径	158
	参考文献	160
	后记	162

第一章

绪 论

第一节 建筑节能概述

一、建筑节能基本概念

建筑节能是指在保证建筑使用功能和室内热环境质量的前提下，降低其使用过程中能源消耗的活动。

建筑节能就是要提高建筑中的能源利用效率，它包含了现阶段建筑节能的三方面内涵：一是采用节能型的技术、工艺、设备、材料和产品；二是提高保温隔热性能和采暖供热、空调制冷制热系统效率；三是利用可再生能源，如太阳能、地热利用等。

二、建筑节能基本措施

目前，减少建筑能耗一般采取以下几方面措施：

(1) 建筑规划与设计。即在建筑规划和设计时，根据大范围的气候条件影响，针对建筑物自身所处的具体方位，对建筑物进行设计。具体包括：合理选择建筑的地址，如考虑建筑周围的树木、植被、水面、假山、围墙等；合理设计建筑形体，如建筑整体体量和建筑朝向等。

(2) 围护结构。建筑围护结构主要指屋顶、墙、地基、门和窗等。通

过改善建筑物围护结构的热工性能，在夏季可减少室外热量传入室内，在冬季可减少室内热量的流失，使建筑热环境得以改善，从而减少建筑冷、热消耗。

(3) 利用新能源。新能源通常指非常规的可再生能源，包括太阳能、地热能、风能、生物质能等。其中最为成熟的是太阳能利用技术。

三、建筑节能研究范围

目前，对建筑节能范围研究主要从能耗角度进行。国内过去较多的说法是，建筑节能应该包括建筑材料生产、建筑施工和建筑物使用等方面的能效问题。因为在建筑材料的生产过程、建筑物施工过程及建筑物使用过程中均发生能耗，所以，建筑节能的研究理应包括上述三个方面。这种说法将建筑用能跨越了工业生产和民用生活的不同领域，从而与国际上通行的统计口径不符。近年来，经过认真研究，大家普遍认为，我国建筑节能研究范围，应该与各发达国家取得一致，即建筑能耗应指建筑使用能耗，其中包括采暖、空调、照明、电器设备、热水供应、电梯、通风等方面的能耗，因此，建筑节能应包括上述各方面的能源利用效率等。

第二节 国外建筑节能研究概况

一、国外建筑节能研究历程

国际上对建筑节能的研究始于 20 世纪 70 年代。自 1973 年发生世界性石油危机以后，首先在发达国家开始关注建筑节能问题，对建筑节能的研究大体可划分为以下四个发展阶段：

第一阶段：“建筑节能（Energy saving in buildings）”。

这个阶段将建筑节能的目标锁定为节约用能、限制用能，抑制建筑能耗的增长。例如美国，由白宫带头，降低室内采暖设定温度，美国采暖制冷空

调工程师学会 (ASHRAE) 标准也把办公楼空调新风量从 $25\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$ 降低到 $8.5\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$ 。同时加强建筑物的气密性, 门窗的渗透风量降低到每小时 0.5 次换气以下; 1974 年法国率先制定了建筑节能标准, 要求新建住宅的采暖能耗比以前节约 25%; 1977 年, 德国颁布了第一部建筑节能法规《WSVO》, 在这个法规里, 限制了建筑的外围护结构、热损失量等, 同时规定了建筑师在设计建筑物时也必须提供严谨的建筑物能耗计算证书, 以证明建筑物满足节能规范的标准。1978 年德国又通过修改建筑节能标准, 使其后的建筑能耗比 1978 年前的老建筑减少了 60% 以上。

上述举措确实帮助发达国家度过了能源危机, 但由于这些措施均以牺牲室内空气品质、降低舒适度为代价, 随之带来了一系列健康问题, 诸如“空调病”等。世界卫生组织 (WHO) 已经定义了其中三种病症, 即病态建筑综合征 (Sick Building Syndrome, SBS)、建筑物并发症 (Building Related Illness, BRI) 和多种化学物过敏症 (Multi Chemical Sensitivity, MCS) 等。

第二阶段: “在建筑中保持能源 (Energy conservation in buildings)”。

这个阶段的目标是减少建筑中能源的散失, 在总能耗基本不变的情况下, 满足人们对健康、舒适的要求。

自 20 世纪 80 年代初开始, 欧美等发达国家“智能性房屋呼吸系统”开始进入家庭, 人们通过加强建筑维护结构的保温隔热性能、减少负荷计算中的高估算、采用热回收设备、采取智能控制措施等, 将节约的能量用来改善室内空气品质, 在住宅能耗降低的同时, 空气质量也得到了进一步优化。

第三阶段: “提高建筑中的能源利用效率 (Energy efficiency in buildings)”。

这一阶段要求以最小的代价和最小的能耗来满足人们的合理需求, 提高建筑能源利用效率。也就是并非消极意义上的节省, 而是积极意义上的利用。

第四阶段: “可持续建筑 (Sustainable in Building)”。

进入 20 世纪 90 年代后, 全球气候变化问题成为世人瞩目的焦点。人们开始对自己为了追求舒适和效益而无节制地消耗地球资源和破坏地球环境的行为进行反思, 保护地球资源和环境的可持续发展理论成为许多国家的基本国策, 建筑节能上升到前所未有的高度。

二、美国建筑节能现状

美国是世界能源生产和消费最多的国家，目前美国能源生产量约占世界能源总产量的 19%，消费量占世界能源总消费量的 24%，而建筑业又是美国经济的支柱之一，建筑耗能在美国能源消耗中占有重要比例。据统计，近年来美国住房每年消耗能源折合约 3500 亿美元。美国人口约 2.5 亿，人均住房面积近 60 平方米，居世界首位，其中大部分住宅都是 3 层以下的单体建筑，供暖、空调全部是分户设置，电力、煤气、燃油等能源是家庭日常开销的主要部分。因此，美国政府深刻认识到建筑节能的重要性和必要性。

20 世纪 70 年代的能源危机，导致了美国经济的大衰退，美国国会为此通过了能源政策的立法。其中包括建筑和设备节能的激励政策，能源部发布了新建筑使用的国家强制性节能标准和非强制性的国家建筑节能示范性标准，美国住房和城市发展部提供了便于独户住宅翻新或装修节省能源的高效房屋抵押贷款，各州也制定了相应标准。节能政策的出台和建筑节能标准的制定，并将标准落实到具体工程中，使美国的节能走上了正轨。

美国建筑节能的实施具有以下特点：

(1) 立法。美国是一个法制非常完善的国家，同时百姓与厂商的法制观念和诚信意识也很强。政府以立法的形式制定强制性的最低能源效率标准，能够得到全体民众的响应。美国的最低能效标准针对对象一般是将要进入市场的新产品（包括建筑物）。

(2) 自愿性节能标准和标志。美国政府除了推行强制性的标准之外，还提倡自愿性的节能标志。最为典型的是美国环保署（EPA）和美国能源部（DOE）联合推动的“能源之星”项目，获得“能源之星”标志的产品一般都超过该类产品相应的最低能源效率标准。这个标志从 1998 年开始实施，其主要对象是商用建筑。为达到“能源之星”建筑要求采取的措施主要是：绿色照明，改善围护结构隔热保温性能，改进采暖、通风、空调系统，购置高效耗能器具等。

(3) 经济激励。经济激励是成功实施能效标准和标志，特别是推行“能源之星”标志的关键性配套政策措施。美国各级政府和公用事业公司采取多种激励措施，对增强公众节能意识，推广节能产品（包括建筑物）取

得了非常显著的效果。这些激励措施主要是：

- 补贴：美国各级政府和公用事业组织投入大量补贴经费，补贴对象包括：购买高效耗能器具的用户，新建节能住宅的开发商、设计者和业主，新建节能商用建筑的设计者等。

- 税收减免：对于新建节能住宅建筑，可以获得税收减免优惠，节能建筑设备也可获得税收减免优惠。各种节能型设备根据所判定的能效指标不同，减免额度分别为 10% 或 20%。比如，节能型洗衣机、热水器减免 50 ~ 200 美元；地热采暖、太阳能热水和采暖系统最多可减免 1500 美元。

- 低息贷款：一些贷款机构对于购买经“能源之星”认证的建筑物，可获得抵押贷款，此外，这些贷款机构还采取诸如返还现金、低利息等措施激励居民购买。这些措施的实施，不仅有效地促进了节能建筑的建设和开发，降低了建筑物的能耗和维护运行管理费用，还带动了墙体、屋面保温隔热技术的发展。

(4) 低收入家庭节能计划。为了保障低收入家庭的福利，节约能源，美国发起了低收入家庭住宅节能计划，帮助低收入家庭进行节能改造。政府为低收入家庭免费进行节能改造，典型的计划有美国能源部（DOE）的保暖协助计划和健康部的低收入家庭能源协助计划等。

(5) 加强节能技术研究。美国联邦政府每年投入大笔资金用于节能技术研发。目前正在研究开发的 21 世纪建筑节能技术包括：真空超级隔热围护结构，无 CFC 高效泡沫隔热保温材料，先进的充气多层窗，低发射率和热反射窗玻璃，耐久反射涂层，先进的储热材料、屋顶光伏电池板，热水、采暖、空调热泵系统，先进的照明技术，可按需调节能源、水供应和空调的智能控制系统等。这些高新技术的推出，使得美国建筑节能有了雄厚的技术支持。

(6) 建筑节能从政府机构做起。美国 1999 年 13123 号总统行政令规定：2005 年，所有联邦机构建筑的单位面积能耗，应比 1985 年减少 30%，到 2010 年要减少 35%；新建建筑必须达到联邦或当地能源性能标准；联邦机构必须采购有“能源之星”标志的产品，或能效在同类产品中领先 25% 范围内的产品；到 2010 年，联邦建筑应安装 2 万套太阳能系统；每个机构必须有一幢节能示范建筑，一年内新建 5 幢以上建筑的，要有一幢节能示范建筑。

三、英国建筑节能现状

英国是西方各国中唯一不需要进口石油的国家，其能源并不短缺，英国的北海油田不仅能够满足本国的能源需要，而且还能够出口别国。但是，英国是最早提出建筑节能的国家之一，英国的建筑节能工作同样始于20世纪70年代的石油危机（1976年）。为节约能源、降低能耗，英国政府制定了强制性的建筑节能标准，并且每隔四五年修订一次，每次均提出更新更高的标准。

为达到更高的节能标准，英国相继采取了一系列节能措施，其中对外围护结构采取了中保温（空心墙空气层中填充保温材料）和外保温（外墙铺设保温材料及饰面层）两大保温方法；坡屋顶顶层天花板铺设保温材料以及沿坡屋面铺设保温材料的方法；外窗采用低辐射玻璃双玻塑窗。此外，还铺以地板绝热保温，加强房屋密封性能，以提高整个建筑物外围护结构的保温隔热性能。经过成千上万套房屋的试验和比较，以及长时期的观察和考验，这些节能措施正逐步趋于成熟和完善。

英国政府历来十分重视建筑节能的设计工作，除制定最低节能标准外，还采取了税收杠杆政策限制用能，对新建项目进行设计节能审查及施工抽查，确保工程符合节能要求。与此同时，政府还提出统一的设备能耗分级标准，并拨款资助建筑节能咨询机构为设计、施工单位和业主提供咨询服务等一系列的政策和经济措施。

英国建筑节能的实施具有以下特点：

（1）建立完善的建筑节能管理机构。英国建筑节能总部设在英国环境保护部，环境保护部专门设置一个节能办公室（Energy Efficiency Office），英国的各地方当局也设有主管节能的机构。中央政府主要负责制定法律和政策，负责优秀项目推广。地方政府负责具体项目的管理工作，其工作的主要内容是对居民每月的能源（包括燃气、水、电）消费账单进行审查，居民每月的能耗账单首先交到地方能源办公室，然后再转到银行。能源办对能耗较大的用户要派遣能源工程师下去咨询，以解决能耗过大的问题。

（2）制定严格的节能标准。英国政府规定冬季起居室的设计温度是 21°C ，其他房间的温度是 18°C ，室外设计温度是 -1.1°C 。英国的市政局和